This Page Is Inserted by IFW Operations and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents will not correct images, please do not report the images to the Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

2002-229084

(43) Date of publication of application: 14.08.2002

(51)Int.CI.

G02F 1/35 HO1S H04B 10/17 H04B 10/16 H04J 14/00 H04J 14/02

(21)Application number : 2001-030053

(71)Applicant: FUJITSU LTD

(22)Date of filing:

06.02.2001

(72)Inventor: NAITO TAKAO

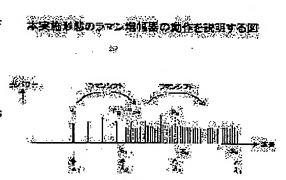
TANAKA TOSHIKI

(54) RAMAN AMPLIFIER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a Raman amplifier which can provide a wider gain wavelength bandwidth.

SOLUTION: Excitation lights P1 to PM are arranged appropriately in wavelength bands $\lambda 1$ to $\lambda 3$. The width of the wavelength bands $\lambda 1$ to $\lambda 3$ is larger than the Raman shift quantity. Gains are obtained in the wavelength bandwidths λ2 to λ3, with the excitation lights P1 to PQ being arranged in the wavelength bands #I to λ 2. Gains are obtained in wavebands λ3 to λ4 with excitation lights PQ+1 to PM being arranged in the wavelength bands λ2 to λ3. Consequently, gains are obtained in the wavelength bands $\lambda 2$ to $\lambda 4$. The signal lights S1 to SN are arranged in the wavelength bands $\lambda 2$ to $\lambda 4$. Deviations in the gains are adjusted, by controlling the powers of the exciting lights P1 to PM.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出限公司番号	特開2002-229084	(P2002-Z29084A)
(12) 公開特許公報(4)		
(19) 日本国際部庁 (1 P)	•	

(43)公開日 平成14年8月14日(2002.8.14)

(51) Int.C.		CONTRA		4			•	F-73-1' (@49)
G02F	1/33	501		G 0 2 F			501	2K002
H018	96/s			H01S	08/8 S		2	5 F O 7 2
	10/11			H04B			~	5 K 0 0 2
	91/01						E1	
H04J	14/00							
			の世間が	朱四米	日本母の段 6	0 1	OL (全四月)	品件頁に放く

(2) 田口口中	(\$122001 - 30053(P2001 - 30053)	(71) 出現人 00005223	000005223
			位土到株式会社
8Z3/HC18	平成13年2月6日(2001.2.6)		种数则限则简布中原因上办田中4丁目145
			1.4
		(72) 発明省	内位 蔡邦
	•		特索川瓜川路市中原区上小田中4丁目14
			1号 富士超株式会社内
		(72) 発明な	田中 紀改
			种校则以则鸣市中原区上小田中4丁目14
			1号 位土面株式会社内
		(74) 作组人	100074099
			舟型士 大官 印之 (外1名)
			込砕買に扱く

(SA) [発見の名称] ラマン哲語
関わればそれを用いた。光伝説システム

「段四」 より広い利得波及奇域相が得られるラマンね 何路を位供する。

体政協な自のウェンが各国の国作を現象する国

1~13 に泊切に配置される。波長帯域入1~13 の幅 される函数光PQ:1 ~Pa により数長部収入3~24に において利仰が仰られる。 佰号光S1~Sn は、この波 【研读手段】 複数の励起光P1~Pmは、被長帯域A に配立される励起光P1~Pgにより彼長帯域22~2 3 において利用が得られる。彼及特徴入2 ~入3 に配口 おいて利仰がほられる。この結束、彼長特徴22~24 長帯域入2 ~7.4 化配位される。料得の信息は、励起光 は、ラマンシフトロよりも大きい。彼長帯域入1~72 P1~Pmの各パワーを制御することにより問題され

「印本項1] 複数の個号光が被長多型により多点化さ 5ための第1の励起光を伝搬する伝送路と 特件哲女の知用

上記光頌により生成される第2の励起光を上記伝送路に 供給する光学手段とを有し、

上記波長多位信号光を伝搬する伝送路と、

励起光を生成する光调と、

上配光似により生成される第1の励起光ねよび第2の励 日光を上記伝送路に供給する光字手段と、 を有するラマン増幅器。

【間本項3】 複数の信号光が液母多屈により多益化さ 上記波長多亞信号光およびその波長多亞信号光の波長よ れた波長多岳信号光を増幅するラマン増幅器であって、

5光学手段と、

上記波長多重信号光を均信するための励起光ねよびその

上記光湖により生成される励起光および相助光を上記伝 芸路に供給する光学手段と、 [間水項5] 複数の信号光が波長多型により多位化さ れた被長多宜信号光がラマン増信器により増信される先 伝送システムであって、

個母光を増幅する光伝送システム (nは整数)。 【発明の詳細な説明】

上記波長多位個母光ねよびその波長多位個母光を切削す れた彼母多は信号光を増幅するラマン協価器であった。

上配波長多皿信号光を増幅するための第2の励起光を生 成する光褪と. 上記算1の励起光または第2の励起光の少なくとも一方 め、上記波長多重信号光の帯域内に配図されるラマン均

【前求項2】 複数の信号光が波長多品により多点化さ れた彼長多以信号光を均値するラマン的結合のもて、

れている。

上記波及多位信号光の帯域内に配位される項1の励組光 bよび上記被長多位信号光の存成外に配図される第2の

りも長い彼長を持った相助光を伝数する伝送路と、

上配徴長多以信号光を均幅するための励起光を生成する L記光版により生成される励起光を上記伝送路に供給す

を有するラマン均相器。

【印水項4】 複数の個号光が被長多位により多位化さ れた波長多位信号光を右指するラマン右右隔壁であって、 上配改長多皿信号光を伝謝する伝送路と、

送路は光ファイバであり、所定国限にとに光塩信益が設

彼長多以信号光の彼長よりも長い彼長を持った相助光を 生成する光砌と

を有するラマン増幅器。

数間隔で配位される複数の励起光を用いて上記波長多点 上記シャン増結器が、シャンシット以のn分の1の函数

びそれを用いた光伝送システムに係わり、特に、信号光 [発明の属する技術分野] 本発明は、ラマン増加器およ を伝送するための徴扱の結婚協を広くする技術に係む

3

[0002]

存取2002-229084

[従来の技術] 従来、長面口の光伝送システムでは、各 中枢袋団において光回号をいった人口気回号に変換した 生)が実行され、その後、光信号に変換されて次の中格 伝送システムが物料されている。そして、上述のような 光人垃圾变换を伴う中根器を光竹切中供器に配き換える ことにより、各中位装図を相成する邸品の数が大幅に削 域され、個別性が向上し、さらにコストダウンが見込ま 核型に送出されていた。しかし、現在では、光圀号を居 **民国号に変換することなく均価する光均相器の契用化が 勘人できており、光均伯器を啟形中磁装立として用いる** 大田で3R

以国(タイミング石圧、彼形図形、田4月 2

するための方法のひとつとして、彼長多口(WDM: Fa welength Division Multiples)光伝送方式が注目され トワークを介して伝送される信頼の口が位加してきても 究されている。そして、伝送システムの大容位化を攻攻 の協送彼を用いて包数の旧号を多点化して伝送する方式 (0003)一方、インターネット時の自及に体いネッ り、伝送システムを大容量化するための技術が盛んに研 ている。彼氏多位光伝送とは、互いに彼長の異なる位数 であり、1本の光ファイバも介して伝送できる伯俊口が मधाकार मिता क 2

「0004] 図29は、一位的な光中単伝送システムの 印成図である。このシステムでは、光送佰図100か5 **に分放することによって各個号を校出する。ここで、伝** 一方、光受価粒200は、受信した徴長多以光を彼及毎 先送信仰100は、互いに彼長の異なる信号先を合彼す 光安信仰200〜被長多位光が伝送される。すなわち、 ることにより波長多瓜光を生成して伝送路に送出する。 유

【0005】 名光台位取は、 辺体、 それぞれェルピウム ドーブファイ/(粒凸型(EDFA)である。 CCで、一 ちの指域値は、それぞれ約30ヵm程度である。 したが GS-EDFAのそれは1.58μm符でる。そして、それ OEDIなEDFAの利得徴兵部域は、1.55mm研であり HSATINS.

って、彼長多母光伝送システムの伝送路にEDFAを取

ける場合には、個号光は、これちの利用波長帯域内の曲

被長多品数を切やすことが有効であり、被長多国数を均 することである。そして、近年、EDFAと比奴してよ り広い利得徴長得望を暗保できる光均位方法として、ラ マン(Keman)欧乱を利用するタレン均倍関が注目され (0008)伝送システムの大容以化を図るためには やすためのひとつの有効な方法は、利用徴及荷切を広ぐ 送波を利用して伝送される。

【0007】ラマン切相では、光ファイバに励起光を与 50 えることによりその励起光の彼長よりも投彼長切に利用 €

mavelength channel WDM high power laser diodes", 0 めには、図30(b) に示すように、中心周波数が耳いに 例表试、Y. Emori, et al.,"100rm bandwidth flat gai n Raman amplifiers pumped and gain-equalized by 1.2-K'99 PO19 1999,に記載されている。このように、複数 の励起光を使用することにより、広い利将波長帯域が確 【0008】ラマン増幅器は、上記性質を利用すること により英男される。そして、広い利得被長帯城を得るた 異なる複数の励起光が使用される。なお、との方法は、 保され仰る。

母光は、基本的に、信号光とは逆方向に伝送されるよう (b) 化示すように複数の励起光を使用する場合には、豆 いに発展周波数の異なる複数の光波から出力される励起 【0008】図31は、ラマン増幅を利用した被長多重 光伝送システムの構成図である。シャン増幅のための図 に伝送路光ファイバに与えられる。このとき、図30 光が彼長合成器等により伝送路光ファイバに与えられ

紐光P1 ~Pk が適切に使用されれば、約100mm程 域の利用が得られる。たとえば、図32において、被長 00mmの長い波長帯域(波長入3の近傍領域)で利得 が得られる。同様に、被長 7.2 の随起光 Pk が与えられ ると、彼長12 よりも約100mm波長の長い精塊(彼 長入4の近傍鎮域)で利得が得ちる。従って、複数の励 皮の利印波長帯域帽が得られることになる。そして、こ の場合、信号光21~21 は、との100m程度の利 A1 の励起光P1 が与えられると、彼長A1 よりも約1 【発明が解決しようとする課題】上述のように、ラマン 数乱を利用するラマン増幅器では、1.55μm帯において は、励起光の波長よりも約100mm埋度波長の長い帯 得彼長帯域を利用して伝送される。 (00100)

5場合には、ラマン増幅器によってほちれる最大利得故 れていた。すなわち、励起光の波長とその励起光に起因 して侮られるラマン利得の徴長との差が100mmであ て得られるラマン利得の波長とのシット量により制限さ 利得彼長帯城幅は、励起光の波長とその励起光に超及し 【0011】しかし、従来のラマン増幅器においては、 長帯域幅も約100mm程度であった。

(0012]本発明の課題は、より広い利得波長帯域幅 が得られるラマン増幅器を提供することである。

【関題を解決するための手段】本発明のラマン増幅器

生成される第2の励起光を上配伝送路に供給する光学手 段とを有し、上記第1の励起光または第2の励起光の少 なくとも一方が上記被長多重信号光の特域内に配置され およびその波長多重信号光を増幅するための第1の励起 光を伝搬する伝送路と、上配放長多重倍号光を増幅する ための第2の励起光を生成する光湖と、上記光源により 複数の信号光が被長多重により多重化された被長多 **取信号光を増幅する構成であって、上記放長多取信号光** るシレン抽種類。

第1の励起

の彼長多重信号光の波長よりも長い波長を持った補助光 の信号光が波長多里により多重化された波長多重信号光 を増幅する構成であって、上記波長多數信号光およびそ を伝謝する伝送路と、上配放長多數信号光を増幅するた めの励起光を生成する光切と、上記光頭により生成され 【0018】上記構成において、波長多重信号光は、励 **超光によって増幅される。また、補助光は、増幅された** て、被長多重信号光の光パワーが必要以上に大きくなる 光が波長多重信号光の帯域内に適切に配置され、第2の れると、その第2の励起光によって信号光の一部および の励起光によって他の信号光が増幅される。ラマンシフ [0015]本発明の他の形態のラマン増幅器は、複数 励起光が波長多重信号光よりも短波長側に適切に配配さ る励起光を上記伝送路に供給する光学手段とを有する。 第1の励起光が憧悩されると共に、その増幅された第1 被長多田信号光のエネルギーの一部を吸収する。よっ ト量よりも広い帯域においてラマン増幅が実現される。 [00]4]上記構成において、たとえば、 2

【0017】本発明の光伝送システムは、複数の信号光 増幅器により増幅される構成であって、上記ラマン増幅 が彼長多重により多重化された波長多重信号光がラマン ことが回避される。

2

器がラマンシフト量のn分の1の周波数関隔で配置され る複数の励起光を用いて上記波長多重信号光を増幅する [0018]上記様成において、テマン増幅のための励 **超光は、ラマンシフト量のn分の1の周波数間隔で配配** されているので、ある励起光によるラマン利得のピーク (nは整数)

【発明の実施の形態】図1は、本発明のラマン増幅器が ラマン利得を等化するための各励起光パワーの関盤が容 国波数が他の励起光の周波数と一致する。 したがって、 [0019]

\$

[0020] 煽局10は、複数の光送信機11および複 ステムは、蟾局10および韓局20を備え、それらの間 は多心光ファイパケーブルにより接続されている。そし て、婦局10と韓局20との間で双方向に信号が伝送さ **敷けられる光伝送システムの構成図である。この伝送シ**

数の光受借機12を備える。一方、協局20は、複数の 50 光受信機21および複数の光送信機22を備える。そし

て、各光送信機11から送出される信号は、光ファイバ れる。一方、各光送信憊22から送出される信号は、光 り受信される。なお、各送信機11、22は、それぞれ 彼長多重光を送出する。すなわち、この伝送システムで は、多心光ファイパケーブルを構成する各光ファイパを を介して伝送され、対応する光受信機21により受信さ ファイバを介して伝送され、対応する光受信機12によ 介して、それぞれ彼長多重光が伝送される。

伝送される彼長多重光を増幅する。なお、ラマン増幅で 増幅器」は、光ファイバおよびその光ファイバに励起光 を供給する装置から構成されるが、光ファイバに励起光 ある。また、各ラマン増幅器は、それぞれ光中根装置の る。 各ラマン増幅器30-1~30-nは、それぞれ多 は、光ファイバに励起光を与えることによりその光ファ イズ日本が光油危難として概く。したがって、「シレン を供給する袋屋のことを「ラマン増幅器」を呼ぶことも 複数のラマン増稿器30-1~30-nが設けられてい 心光ファイバケーブルを構成する各光ファイバを介して [0021] 億局10と億局20との間の伝送路には、

る。なお、ラマン増幅巻30-1~30-nは、基本的 0」は、ラマン増幅器30-1~30-nの中の任意の [0022] 図2は、ラマン増幅器30の構成図であ **内丘いた回じ様成むめる。そした、「シャン増塩器 3** 中に設けられてもよい。

しつを扱す。

出するためのパックパワーモニタ機能を備えている。以 の励起光が生成される。なお、各励起光限31は、たと る。また、多くのレーサダイオードは、発光パワーを検 下では、各励起光孤31の発光パワーは、パックパワー モニタ機能または他の方法により検出可能であるものと 一般に、与えられた電視に対応するパワーの光を出力す 1、合波器32および合液器33を備える。複数の励起 光凛31は、互いに異なる波長の励起光を生成する。 こ の実植例では、4個の励起光点により、波長入1~入4 えば、レーザダイオードである。レーザダイオードは、 [0023] ラマン増信器30は、複数の励起光源3

このとき、励起光は、基本的に、信号光とは逆方向に伝 [0024] 合被器32は、複数の励起光源31か5出 力される励起光を合彼する。 この実施例では、合被器3 合液器32は、複数の出力ポートを備え、合波した励起 光を各出力ポートからそれぞれ出力する。なお、合波器 32は、例えば、彼長多重カブラにより爽現することが できる。また、合政闘33は、多心光ファイパケーブル に収容される各光ファイバ毎に散けられ、合波器32か ら出力される励起光を対応する光ファイバに供給する。 2により波長入1~入4の励起光が合波される。また、 送されるように光ファイバに入射される。

の励起光が合波され、その合改励起光が複数の光ファイ [0025] 上記構成により、互いに液長の異なる複数

が、本発明はこれに限定されるものではない。励起光波 決定されてもよい。また、この例では、励起光源31の 数と光ファイバの数とが互いに一致しているが、本発明 はこれに限定されるものではなく、これらの数が互いに 31の数は、例えば、必要な利得液長帯域幅に基づいて パにそれぞれ供給される。なね、図2に示す例では、ラ レン岩幅器30に4個の固起光説31が設けられている 異なっていてもよい。

は、この光伝送システムでは、波長入2~入4の信号光 テムでは、複数の信号が彼長多重により多重化されて伝 送される。すなわち、彼数の信号は、互いに被長の異な **る抽送彼を利用して伝送される。この例では、こわちの** 信号は、波長入2 ~入4 の撤送波を利用して伝送される ものとする。なお、以下では、信号を伝送するための数 動作は、基本的に互いに同じてある。したがって、以下 では、多心光ファイパケーブルに収容されている複数の 光ファイバの中の任意の光ファイバについての動作を説 【0021】 ラマン増恒器30が設けられる光伝送シス [0028]図3は、本実施形態のラマン増幅器の開要 を説明する図である。なお、本典施形態のラマン物幅器 30は、複数の光ファイバを介して伝送される改長多重 光をそれぞれ増幅するが、各光ファイバについての増幅 送波のことを「信号光」と呼ふことにする。具体的に 明する. 2 유

Pmを使用する。CCで、Cれらの励起光は、図2を参 照しながら説明したように、それぞれ対応する配値光数 [0028] ラマン増幅器30は、複数の励超光P1~ 31により生成され、合波器32により合波されて光フ S1~Snが被長多重により多重化されて伝送される。

彼長帯域入1~入3の中に配置される。 すなわち、励起 光として使用される夜長帯および信号光として使用され る波县帯は、互いにその一部が風頂している。具体的に は、彼長帯入2~入3 において、励起光Pの1~Pm お [0029] 励起光P1~Pm は、図3化示すよう化、 ァイバに供給される。

奥用される光伝送システムでは、励起光として使用され [0030]とのように、本実権形態のラマン増幅器が る彼長帯域の一部および信号光として使用される彼長帯 よび信号光S1~Srが低在している。 域の一部が互いに重複している。

る。たとえば、励起光の彼長が1.45µmであれば、その 励起光に起因して発生する利得のピークの波長は約1.55 μπとなる。また、励起光の彼長が1.45+Δμπであれ は、その励起光に起因して発生する利得のピークの彼長 は約1.55+△μmとなる。すなわち、ラマン増幅におい 光に対応して利得が得られる波長との差(以下、ラマン [0031]なお、ラマン物幅においては、上近したよ うに、与えられた励起光の波長に対応する波長帯域にお いて料碍が得られる。ことで、励起光の徴長とその励起 シフト型) は、1.554m帯において約100mmであ S \$

ន

9

時間2002-229084

CIDられる利用の液点特別は、原因光の波点特別からお は、励起光P1~Pmとして使用される彼長帯域21~ 四母光S1~Snを伝送するための放長特徴入2~ 34 1000mリントしている。このなめ、図3において、 A3 K対して100nmだけシフトしている.

[0032]図4は、本政施形態のラマン増福器の動作 を説明する図である。ラマン増幅器30により励起光P 1~PQ が与えられると、改長帯切22~23 において 利仰が得られる。これにより、何与光S1~Srは、励 る。 ここで、彼長入1 と彼長入2 との差が100nmで あるものとすると、利仰彼長帝城幅入2~入3も約10 **母先P1~P0 に起因するラマン物幅により物幅され**

[0033] 回様に、ラマン物価器30により励組光P pi1 ~Pm が与えられると、彼及舒弘入3 ~ 7 4 におい ~ タ 4 は、約200mmとなる。 ずなわち、 ラマン始級 器において、ラマンシフト量よりも大きな利仰波長帯域 **点 7 2 − 7 3 か 1 0 0 n 目 なので、 利容帯域値 7 3 − 7** 4 6約100nmとなる。この結果、全利得帯域幅入2 酚紐光 B G I ~ P m に超因するラマン価値により価値 hる。CCで、最超光PG-1~Pmが設定される波長帯 て利用が得られる。これにより、信号光Sr~Snは、 何が何られる。

境入3~入4の利得は、励起光PG-1~Pmのみに依存 fるのではなく、励超光PQ+1 ~Pm を増幅する励起光 P1~P0にも依存する。また、ラマン増幅作用は、励 [0034] ただし、本英値形態のシステムでは、被長 により、信号光だけでなく励起光も増幅される。 具体的 特徴入2~入3において個母光および励起光が強在して UB超光PG-1~Pmが指揮される。 この結果、彼吳帝 超光のような連続液(C▼:Continuous Mave)のみに より生じるものではなく、信号光のような不連続光によ させる。すなわち、波及帯域入3~入4の利仰は、信号 いる。このため、この彼長特徴では、励起光P1~P0 Kは、砂組光P1~PgKより、個母光S1~Sr およ S1~Sr は、波及帯域入3~入4 において利仰を発生 っても生じる。このため、彼長春域パアール3の信号光 光S1~Sr 化も依存する。

節城と信号光として使用される彼畏帯域とが互いに重復 [0035] このように、励起光として使用される被長 すると、利用の調整が復建になる。なお、利得の調整方 **怯については、彼で説明する。**

皮長 / 5 との燈を300nmとすると、励起光P1~P [0038] 図5は、より広い利得波長荷城幅を得るた 的起光P1~Pmは、彼長帯域入1~入5 において **遵切に設定されている。この場合、この励起光P1~P** 5. CCで、波坂谷塔入2~76は、波及特域入1~2 からわ100nロシフトしている。また、改長入1と かのラマン情信の概念を説明する図である。この例で m により、彼取的数22~26c おいて対応が得られ

【0037】上記様仮においては、励起光P1~Paに で、信号光S1~Snは、Cの放展帯域入2~入6に数 励起光と信号光とが混在する。具体的には、この波長帯 域においては、欧超光PG-1~Pm および信号光S1~ m によって約300nmの利用が得ちれることになる。 定されている。従って、改長帯入2~入5 においては、 よって彼長都頃22~26 において利仰が仰られるの Srが祖在している。

マン励起が生じる。 すなわち、彼長帯域 2.1 ~ 2.2 に数 長部域25~26において利仰が仰られる。 てこで、波 【0038】図8は、図5に示すシャン指信題の結合を **模明する図である。このラマン増信器では、3段階のラ** 3~A5 K股危されている励起光Pk+1~Pm により故 定されている助起光P1~P0 により波長帯域 22~ 2 3 において利碍が仰られる。また、彼長特成22~23 K設定されている励起光PQ+1~Pk により放長帯域入 1~25 において利得が得られる。さらに、彼氏帯域ス ~ス5をそれぞれ100mmとすると、全利仰帯域個ス 2~76は、約300nmとなる。すなわち、このラマ ン増幅器によれば、 ラマンシフト型の3倍の利用波長帯 長帯域入1 ~시2、 彼長帯域入2 ~시3、 彼長帯域入3 装飾が行りれる。 2 ೭

ち、より広い波長帯域に渡って複数の励起光を造りに数 ば、シャンシント重の4倍の液長格域に減って複数の固 趋光を適切に設定することにより、4段階のラマン励起 が起てるようにすれば、ラマンシフト費の4倍の利得徴 [0038]なね、図3~図6に示す倒では、 タマンシ が、本発明はこれに限定されるものではない。 すなわ フト量の2倍または3倍の利得液長帯域幅を得ている 定すれば、より広い利得液長帯域値が得られる。例え 長部域幅 (すなわち、400nm) が得られる。

ational Telecommicationthion Telecommunication s 段明する図である。 本英浦形態のシステムは、彼長多重 伝送を前提としているが、この波長多重伝送において使 用すべき想送波の波及(函波数)はITU-T(Intern して、ITU-Tにおいて規定されている仕様は、しば 【0040】図7は、信号光および励起光の配置方法を tandardization sector) において規定されている。そ しばITU-Tグリッドと呼ばれている。

[0041] ITU-Tグリッドの基準周波数は、19 25GR ずつシフトさせることによって得られる周波数 **に示すように、この基準周波数およびその基準周波数を** 3. 17kz である。そして、散送彼としては、図7(a) が使用される。なお、この帯域において、25012 は、 内O. 2nmに相当する。

[0042] 複数の信号光は、基本的に、ITU-Tダ リッドに従って設定される。具体的には、複数の信号光 複数の励起光も、ITU-Tグリッドに従って設定 される。即ち、各励超光の周波数は、基本的化、19 は、250位 毎 (約0.2 nm年) に散定される。ま

「n」は整数である。ただし、励起光は、信号光が散定 3. 1±0. 025×n (Tr) である。 CCで される間隔よりも大きな間隔で敷定される。 [0043] このように、本実施形態では、信号光およ び励起光は、共化ITU-Tグリッドに従って設定され る。このとき、信号光は、基本的には25Gを 毎に散定 されるが、回組光が設定されるへき改長には設定されな い。即ち、領事光および励極光に対して国じ波長が起り 常、個母光のパワーよりも大きいので、励起光のスペケ トラムは、図7(b) に示すように、信号光のそれと比較 る場合には、その彼長に近接する数国の彼長は、信号先 して広くなる。このため、ある波長を励起光に割り当て 当てられることはない。また、励起光のパワーは、通 に対して割り当てられない。

ように、毎間路に配置される。尚、複数の励起光が毎間 品に呪旨されると、それもの望信光のパワーの短句によ [0044] 複数の励起光は、基本的には、図8 に示す ってラマン利得を質整することが比較的容易になる。

[0045]次に、伝送路に励起光を供給するための機 **つかの様成ねよび方法について説明する。なね、以下で** 【0048】図8は、伝送路に励起光を供給する方法の は、図包米 DI ~ Da K Y D 信号光 SI~ Su が増換さ - 例を示す図である。この方法においては、励起先P1 **h** 5 6 0 2 7 5.

木の1~8mが枯詰みれる。

~Pq が各ラマン増幅器30により供給され、励組光P [0047] 韓周10は、信号光S1~Snを生成する かの励起光原42、およびこれちの信号光および励起光 ための信号光顔41、励超光P 0+1~Pm を生成するた 41~Pm が協局10により供給される。

を合彼する合彼器43を備える。これにより、信号光ね よび励起光が改長多風により多風化されて伝送路光ファ /パに送出される。なね、信号光S1~Sn 及び励起光 20+1~Pmの波長は、図3~図5に示す彼長12 より [0048]名ラマン増幅器30は、励起光P1~PQ も扱いものとする。

広送路に導くための合波器33を備える。 ここで、励起 光数31は、例えば、これちの励起光を生成するための 包光は、合波器 (図2の合波器32) により合放され合 は、 ぬ思 1 0 回の光ファイバを介して何号光 S1 ~ Sn 複数のレーザダイオードしつである。また、これらの励 被器33K与えられる。なね、励起光P1~P0の被長 **続され、cポートは励起光数31により生成される励起 れをbボートを介して出力する。すなわち、合波器33** を生成するための励起光弧31ねよびそれらの励起光を 【0048】台波器33は、3つの入出力ポート (a∼ oボート)を協える。aボートは韓四10回の光ファイ パK被続され、ロボートは協局20回の光ファイバK検 光を受信する。そして、合故器33は、故長22よりも は、図3~図5化示す彼長12よりも短いものとする。 長い彼長を持った光をaポートから受信したときに、

ල

核国2002-228084

および励起光P 0+1~Pm を受信すると、それらを値隔 20回の光ファイバを介して出力する。また、台波器3 **ずなわち、合波器33は、cボートを介して受信する励** 3は、波長入2よりも短い放長を持った光をcポートか 5.受留したときに、それをaポートを介して出力する。 **日光 P 1 ~ P 0 を構局 1 0 厨の光ファイバへ導へ。**

[0050] 続いて、図4を参照しなか5上記様成のラ マン増信器の動作を説明する。上記得成において、励起 光原31により生成される函超光P1~Pg は、伝送路 3 において利用が切られる。 ナなわち、回過光P1~P 9 により、彼長部域22 ~23 に配置されている光が増 ~Pmが物程される。また、この増組された励起光Pの 1~Pm により、彼氏部因 33~ 74 において 紅色が得 **たる。 てのようにして、名シャン協信職30により信号** 光ファイバに供給される。この結果、彼長哲划12 ~1 幅されることになる。具体的には、彼氏帯域 22 ~ 23 KR屋されている信号光S1~Sr および励起先PQ+1 られる。即ち、超超光 Bot ~ Ba Kより、徴政結婚入 - ~ / 4 に配置されている簡単光ので1~ 8 n が結構な

【0051】図10は、伝送路に励起光を供給する方法 の他の何を示す図である。この方法においては、励起先 P1~Paが各ラマン協権数30により供給される。 値 別10は、個母光31~Snを生成するための個母光微 数長多重により多重化されて伝送路光ファイバに送出さ 41を値える。そして、これちの信号先S1~Snは、

を生成するための回母光版31およびそれらの回母光を 励組光悶31は、例えば、これらの励起光を生成するた めの複数のレーザダイオードしひである。また、これら [0052]名ラマン博伽器30は、励起光P1~Pm の励起光は、不図示の合故器(図2の合紋器32)によ 伝送路に導く光サーキュレータ34を備える。 ててで、 り合放され光サーキュレータ34に与えられる。

ート (a∼cポート) を備える。 C C で、a ポートかち れた光はらポートへ導かれ、ロボートから入力された光 34は、協局10回の光ファイバを介して入力される日 【0053】光サーキュレータ34は、3つの人出力が 人力された光はカボートへ等かれ、カボートかち入力さ は8ボートへ遊がれる。したがって、光ケーキュレータ た、光サーキュレータ34は、励起光觀31により生成 される励起光 blu を傾向 10 町の光ファイバへ海 5年×21~Sn を格形20度の光ファイバへ導へ。 #

光改31Kより生成される励起光P1~Pmは、伝送路 (0054) 続いて、図4を存取しながち上記権技のラ マン岩積器の動作を収出する。上記様成において、励起 4 において利却が得られる。すなわち、励起光P1~P m により、改長符覧入2~24 に配配されている信号光 光ファイバに供給される。この結果、彼長部域22~2 ጽ

[0055]図11は、図10K示した方法の変形例で ある。この方法においては、励起光P1~Pm が各ラマ ン物価器30亿より供給されると共に、協局10は、信 **号光が配置される波長帯域内の励起光 (励起光 P 0+1 ~** Pm)を供給する。なお、この構成の動作は、図10を 参照しながら説明した動作と益本的に同じなので、省略 S1~Snが増幅される。

各励趋光の光スペクトル幅は、基本的に、狭い方が 東される励起光(例えば、励起光PQ+1~Pm)のスペ 留ましい。少なくとも、信号光が配置される帯域内に配 クトル傾は、信号光のそれと同じ程度であることが望ま [0057] ところで、彼長多重伝送システムにおいて [0058]なお、図9~図11に示すシステムにおい しい。各回起光の光スペクトル信は、例えば、光ファイ パグレーティングによって問題される。

は、一般に、波長多気光に含まれる各個母光のレベルが 含まれる各自号光のレベルを等化するためには、各増幅 器の利得を調整する必要がある。以下、各ラマン増幅器 [0058] 図12は、各ラマン増幅器30において利 夺化されていることが望ましい。そして、被長多貫光に の利得を調整する方法を説明する。

たは20かちの指示に基づいて、特定の随起光数51の 域内の刘応する波母の利得を検出する。なね、波母ごと [0059] 制御部54は、備局10または20かちの その検出結果を備局10または20に通知する。ま 飼御部54は、婦局10または20かちの指示に従 って昭助回路82を制御する。これにより、蟷局10ま る。また、騒動回路52は、制御部54かちの指示に従 問合せに従って、彼長Cとに利得を聞べる。この時、各 彼出回路53は、それぞれ、信号光が伝送される彼長帯 校田回路53の田力が参照される。そして、飫御部54 0は、複数の励起光쟁51を備える。これちの励起光쟁 51は、互い化発展周波数の異なるレーザダイオードで 得を調整する機能を説明する図である。 ラマン増幅器3 って対応する励起光面51に電流を供給する。さらに、 あり、それぞれ対応する駆動回路52により駆動され に利得を検出する方法は、既知の技術を利用する。 26

は、そのラマン増幅器に対して、その波長よりも約100mm近い波長の励起光のパワーを増加させる旨の指示 の利得を同い合わせる。そして、その問合せに対する応 等化されるように指示を与える。例えば、あるラマン増 [0060] 韓局10または20は、各ラマン増幅器の 利得を閲覧するための制御回路を備える。この制御回路 この光伝送システムの構築時に、またはその後定期 答に従って、各ラマン増幅器における利得の波長特性が 幅器においてある彼長の利得が相対的に低かった場合に 的に各ラマン増幅器の利得を調整する。具体的には、こ の制御回路は、まず、各ラマン増組器に対して徴長だと 発光パワーが関節される。

め送出される。この場合、指示を受け取ったラマン増幅 盟は、その指示に従って対応する励起光のパワーを関整 する。これにより、各ラマン増幅器における利得が等化

国数するだけでなく、協同10により生成される励起光 も問盤する必要がある。 この場合、婦閥10が各ラマン 増幅器の利得を管理するのであれば、幅局10自身が励 超光PQ+1 ∼Pm を開整してもよい。また、結局20が 各ラマン増幅器の利贷を管理するのであれば、 備局20 [0081]なお、図8に示す構成のように、図極光の 一部 (励起光PQ-1~Pm)が協局10により生成され る場合には、各ラマン増幅器により生成される励起光を から韓馬10~の通知名魅力いて励過光P中1~Pm が 質節されるようにしてもよい。

励起光P1 ~Pm の各光パワーを適切に調整することに より、各ラマン増幅器における利仰の波長偏差を小さく [0062] このように、本実施形態のシステムでは、

では、安官厠の娼局(焔局20)において改長だとに光 S/N比が検出され、その検出結果が送信側の始局(编 [0063]図13は、信号光S1~Snの光S/N比 によって制御される。このため、本英祐形態のシステム ~Sn の光S/N比は、基本的に、信号光頭41により 生成される信号光S1~Snの光パワーを関盤すること を調整する方法を説明するための図である。信号光S1 周10) にフィードバックされる。 JA 55. 2

ったとすると、その波長の信号光のパワーを大きくする は、ある波長の信号光の光S/N比が相対的に劣悪であ 信号光S1~Snの光S/N比の温澄を買く、その恒忠 旨の指示を作成する。そして、作成された指示は、蟷局 を取り出す分波器62、および分波器62により取り出 された暦号光S1~Snのそれぞれについて光S/N比 を検出するS/N枚出回路83が散けられる。また、駒 を小さくするための指示を作成する。具体的には、例え [0064] 協局20Kは、個号光S1~Snを含む改 長多 風光を分岐するための分岐カブラ81、分岐カブラ 御回路84は、各S/N被出回路83の出力に基づいて 81により分枝された彼長多位光から信号光S1~Sn 10に逝られる。 유

と、それに従って信号光微41のパワーを開整する。 C [0085] 韓周10は、韓局20から指示を受け取る nKより、信号光S1~Snの光S/N比の福益が小さ

8

の信号光の光S/N比の偏差を小さくするために各信号 では、ラマン増幅による利得および信号光の光S/N比 が個別に調整される。すなわち、波長に依存するラマン **利得の偏差を小さくするために各励起光の光パワーが適** 切に問題され「固起光ブリエンファシス)、また、複数 光の光パワーが適切に顕整される(信号光ブリエンファ [0068] このように、本実施形態の光伝送システム

€

れと比較して十分に小さいので、信号光により生じる利 ン増幅器では、信号光の一部(例えば、図3のS1~S して働く。しかし、各個号光の光パワーは、励起光のそ 毎は、励起光により生じる利仰と比べて小さい。したが って、ラマン増幅器の利得は、各励起光の光パワーを削 [0087]なお、上近したように、本実植形態のラマ r)が、それよりも長波長岡の信号光に対して励組光と

2 4ールド径 (実効断面債、或いはコア径) の小さい第2 光送信機11から光受信機21へ伝送される隔、各組合 れ、その後に第2の光ファイバを介して伝搬されるよう 【0068】次に、ラマン増組の特性を利用して光伝送 4は、混合伝送路ファイバが散けられた光伝送システム の構成図である。このシステムでは、波長多重光を伝送 するための光ファイバとして、混合伝送路ファイバが使 用されている。この遺合伝送路ファイバは、第1の光フ ァイバおよびその第1の光ファイバと比較してモードフ の光ファイバから律成される。CCC、一英늄例として は、第1の光ファイバが正分散を持ち、第2の光ファイ システムの伝送性能を向上させる方法を説明する. 図1 パが負分散を持つことが望ましい。そして、信号光は、 伝送路上では、先に第1の光ファイバを介して伝搬さ 受信機が持つ符号誤り率を用いることも可能である。

ラマン増幅器の構成図である。 てこでは、伝送路上に設 けられる複数のラマン増幅器のなかの任意の1つを示し [0088] 図15は、図14化示すシステムにおける こなっている.

が高いほど効率的に利得が得られる。即ち、ラマン増幅 ることになる。ここで、ラマン増幅は、よく知られてい るように、光ファイバに供給される励起光のパワー密度 は、光ファイバのモードフィールド径が小さいほど効率 的化利得が得られる。したがって、本英雄形態の構成に おいては、第2の光ファイバにおいて効率的に利得が得 [0070]ラマン増幅器30は、信号光とは逆方向に すなわち、励起光は、後方励超方式により伝送路に供給 される。このため、励起光潤31により生成される励起 光は、まず、第2の光ファイバに供給され、その第2の 光ファイバを通過した後に第1の光ファイバに供給され 励起光が伝送されるように伝送路に励起光を供給する。

いては、倡号光の光パワーが大きい状態のときは、モー -が大きいほど大きくなる。しかし、このシステムにお 【0071】また、このシステムでは、光伝送路上の非 **収形効果も抑えられる。ここで、光伝送路上の非緯形効** 果は、よく知られているように、光ファイバのモードフ ィールド径が小さいほど大きく、また、信号光の光パワ られる。この結果、信号光の光S/N比が向上する。

路において非根形効果が抑制され、伝送破形の重みが小 されるので、非線形効果は小さい。また、倡母光は、そ ードフィールド径の小さい第2の光ファイバに到達した ときには十分に演奏しているので、第2の光ファイバに おいて発生する非線形効果も小さい。 すなわち、全伝送 ドフィールド径が比較的大きい第1の光ファイバを伝搬 網2002-229084

歪みが抑えられる。なね、第1の光ファイバの長さと第 例えば、それぞれ、110マイクロ平方メートル、20 [0072]とのように、第1および第2の光ファイバ から構成される組合伝送路を使用すると、信号光の光S /N比め向上すると共化、非線形効果化よる借号被形の 2の光ファイバの長さの比率は、例えば、2:1であ る。また、第1および第2の光ファイバの奥効面積は、 マイクロ平方メートル程度である。

よい。また、S/N検出回路の代わりに、各波長毎の光

御することによって概わ所望の特性に開整される。この とき、必要に応じて信号光の光パワーが微調整されても

ードフィールド倍が扱も大きく、第3の光ファイバのモ 信号光が伝送される方向において、そのモードフィール F径が徐々に小さくなっていくように技材されることに 種類の光ファイバから構成されているが、本発明はこれ い。例えば、図18および図17に示す例では、各組合 より構成されている。この場合、第1の光ファイバのモ 伝送路ファイバは、それぞれ第1~第3の光ファイバに 祖合伝送路ファイバは、モードフィールド径の異なる2 **に限定されるものではない。すなわち、遠合伝送路ファ に、語合伝送路ファイバは、複数種類の光ファイバが、** ードフィールド径が最も小さくなっている。 とのよう [0073]なお、図14および図15に示す例では、 イバは、3種類以上の光ファイバから構成されてもよ

される。このとき、波長春域入2~入3 化配置されてい は増幅される。たとえば、図4において、光ファイバに 励起光P1~Pqを供給すると、彼及帯域λ2~λ3 に る光は、励起光P1~PQ として与えられたエネルギー [0074] ところで、ラマン増幅では、図3~図6を 参照しながち説明したように、光ファイバに励超光を供 給すると、その励起光の波長かちラマンソフト量だけ長 このとき、この利得被長帯域に光が存在すれば、その光 配置されている光(信号光および励起光を含む)が増幅 彼長側にシフトした波長帯域において利得が得られる。 よって構成されればよい。 윤

る。このとき、励起光の光パワーは、そのエネルギーの 一部が他の光によって吸収されたときに、その分だけ低 下することになる。反対に、面超光の光パワーは、その ほとんど低下することはない。すなわち、面起光の光パ ワーは、そのエネルギーの一部が他の光によって吸収さ 長例に配置されている光化吸収されることによって生じ [0075] このように、ラマン増幅は、励起光として 与えられたエネルギーが、その励起光の改長よりも長波 エネルギーの一部が他の光によって吸収されなければ、 れるか否かによって変動する可能性がある。 の一部を吸収することによって増幅される。

ន

特開2002-229084

0078]をして、この問題は、励起光に限ったこと | K配豆されている光により吸収される。ととろが、波 しまう可能性がある。あるいは、改長帯域入3~入4 に 配立されている信号光のレベルが必要以上に高くなって 他の光によって吸収されることはない。この結果、彼長 都域 2.3~2.4 における利仰が必要以上に大きくなって ではない。例えば、図4において、彼長帯域入1~시2 に配囚されている光のエネルギーは彼及特域 22 ~ 23 に配置されている光により吸収され、波長帯域2.2~2 3 に既立されている光のエネルギーは徴長特徴入3 〜入 員符は 33~24 に配回されている光のエネルギーは、 しまう可能性がある。

[0078]なお、福助光A1~Atは、3段以上のラ 解決するために、図18に示すように、個号先S1~S n が配記される彼長帯域よりも長波長間に加助光A1~ 配置されている佰号光Sr~Snのエネルギーは、 福野 [0077] 本英枯形図のシステムでは、上述の問題を 光A1~Acにより吸収される。すなわち、改兵部以入 Atが配配される。これにより、改長部以入3~24に 3~24における和何が凶切に抑制される。

マン地位が行われるシステムにおいても使用可能であ

る。3段のラマン僧侶が行われるシステムにおいて植助 散けられる。この場合、補助光A1~Atは、励起光P [0078] 御助光A1~At は、帰局10により生成 もよい。 招助光A1 ~At を生成するための補助光斑が 図20および図22に示す例では、植助光A1~Atを 生成するための相助光型71は、各ラマン増幅器30に されてもよいし、各ラマン増相闘30により生成されて この場合、植助光A1~Atは、信号光S1~Sn 図2 1 および図2 3 K示す例では、加助光A 1~A t を 1~Pa と共に伝送路光ファイバに供給される。一方、 生成するための個助光質71は、幅回10に設けられ 散けられたシステムの煤成例を図20~図23に示す。 と共化波長多国により多型化されて伝送路を伝設され 光A1~At が配置される場合に例を図19に示す。

は、励起光と阿様に、一定の阿彼数阿隔で配配されるよ [0080] 福助光A1~At は、倡母光または励起光 と回様に、図7 (a) K示す I T U - T グリッドに従って 配品されるようにしてもよい。また、植助光A1~At うだしてもよい。

とめの監視信号を伝送する勧送彼として利用されてもよ* [0081] さちに、福助光A1~Atは、臨回10ま たは20か8シャン 哲価額または 引波路の状態を聞くる

図25(a) は、上記(1)式化「n=1~8」が代入され 「n」として1~8が与えられると、固超光を配置すべ たときの科的特殊協を示す対応表である。値、ラッソン 7ト世 (△11) は13.21セである。この場合。 Δfr=n·Δfe

8回路(△fe)としてはそれぞれ13.2~2.21H 50

*い。ただし、この場合は、植助光A1~Atは、基本的 K. 傾局によって生成される必要がある。なお、上記監 **投信号は、励起光P1~Pmを利用して伝送されるよう** だしてもよい。

は、信号光が配置されている波長帯域の利用が等化され るように図盤される。具体的には、例えば、信号光が配 配されている彼長帯域の中の長彼長領域の利仰が相対的 韓局10または20かちの指示によって関節されるよう にしてもよい。この場合、植助光A1~Atの光パワー K高くなっているか否かK描づいて、補助光A1~At 10082] まちに、福助光A1~Atの光パワーは、 の光パワーが四階される。 2

【0083】図24は、本発明の光伝送システムの模成 ープファイバを利用した増信器(以下、希土類ドープフ ァイパ情哲器) が殴けられている。また、このシステム 因である。 このシステムでは、伝送路上に複数のラマン 物価闘30が設けられていると共に、協同には希土類ド 00n回以上の波長帯域を利用して信号光が伝送される ものとする。なお、図24では描かれていないが、希土 では、上述したラマン均幅器を使用することにより、1 銀ドーブファイ/(増価器は協局10にも数けられる。 2

[0084] 毎土類ドーブファイバ協信器の利贷波長帯 域は、よく知られているように、光ファイバ内に注入さ 0 n m程度である。したがって、100 n m以上の波長 帯域を持った波長多瓜信号光を増加するためには、 互い **に利得波長帯域の異なる複数の希土類ドーブファイバ増** 相器を用いる必要がある。図24に示す例では、互いに 8~81nが協局に散けられている。なお、放長多庶倍 母光は、偏局20において不図示の分波器により希土類 とに分波され、それぞれ対応する帝士類ドーブファイバ ラマン協信器と参上類ドーブファイバ物協器が乱在する **わる物質によって異なる。 ひかひ、希土類ドーブファイ** /(物質器の有効な利β波長帯域の値は、通常、30~4 ドーブファイス街福韓8 18~8 1 n の利等波長権及C **化伝送システムにおいて、ラマン増幅のための励起光を** 育効に配置する方法を説明する本奥柏形態のシステムで は、複数の固起光は、下配(1) 式を潜たすように配置さ れる。CCで、「△fr」はラマンシフト型、「△fe 利得徴長帯域の異なる帝士類ドーブファイバ増福器81 」は励起光を配置すべき間隔、「n」は任意の整数で 徴悩器818~81mにおいて増幅される。以下では、

[0085]

z が得ちれる。そして、これちの回路は、1550nm 付近において彼長に換算すると、それぞれ105.7~ 17. 8ヵmとなる。 ここで、希土類ドーブファイバ切

したがって、希土類ドーブファイバ増幅器818~81

価格の利仰裕城幅は、それぞれ30~40ヵmである。

Pれ4. 4 (30~40nm程度) である。従って、希本 とをいう。すなわち、S+特徴~し+特徴の値は、それ nの個数を出来るだけ少なくするためには、上記(1) 式 [0086] 図28は、上記(1) 式に描づいて励組光を [0087] 信号光が配置される彼長帯域は、この英的 Mでは、1435~1887nmである。そして、この 使用することにより各ラマン均価器30によって一括し て増幅される。一方、帰局内では、この信号光波兵帯域 S作员、C作品、L作品、L+作品、L+作品)に の彼され、それぞれ対応する毎上数ドーブファイバ協信 間号光波長帯域は、伝送路上では、励起光P1~P10を は、複数の希土類ドーブファイバ増相器818~81m **ドより彼及辞赵だとに始極される。具体的には、この語** 職81a~81nによって抽合される。 CCで、S+# 税~し→締枝は、この実施的では、励起光P4~P10℃ よって仕切られる改長帯域(または、周改数帯域)のこ 虹虹する場合の奥茄所である。 CCでは、上配(1) 式に kいて「n=3」が与えられた協合を示している。即 5、励超光P1~P10社、4.4 Hz 毎K配配される。 号光波長帯域は、7つの波長帯域(S+構体、S+ 部 **に与えるへき「n」としては「3」が好迫である。**

図25(b) は、上記(2) 式に「n=1~8」が代入され たときの利仰街域相を示す対応表である。 図25(b) K 示すように、「n」として1~8が与えられると、励起 ァイバ協信器の利容部域値が30~40nmであること 光を配図すべき回路 (△le)としてはそれぞれ8.8 550nm付近において彼長に換算すると、それぞれ7 0. 5~1 8. 3nmとなる。ここで、布土類ドーブフ ~2.01元が浮られる。そして、これらの阿路は、 を考慮すると、上記(2) 式に与えるべき「n」として は、「2」または「3」が好迫である。

[0081] 図27は、上記(2) に描わいて図却光を図 いて「n=3」が与えられた場合を示している。すなわ と阿様に、信号光波長帯域は複数の改長帯域(S+4部域 囚する場合の実施例である。 ここでは、上記の) 式にわ なお、この実施例においても、図28に示した方法 ~し+部域)に分波され、それぞれ対応する希土知ドー [0092]上配(2)式によれば、各固超光によるラマ 母光の波長と(n+1)個先の励起光の波長のほぼ中間 Psの彼長のほぼ中間の彼長となる。ここで、この英簡 ンが得のアーク波虫は、その固起光から見て「鼠先の固 の彼長となる。 たとえば、励起光P1 に起因するラマン 利得がピークになる彼長は、励起光P4の彼長と励起光 所では、励起光P4~P10Kよって仕切られる各波長帯 類(S+特徴~L+特徴)は、それぞれ対応する毎十類 ブファイバ協協器 Bla~81nKよって協協される。 ち、励起光P1~P10は、3、77mと毎に配配され ドープファイバ増相器 8 1 a ~ 8 1 n により増幅され

校理2002-228084

*土質ドーブファイバ台台語818~81mは、それぞれ 8は、彼長符切1435~1487mmを竹切し、 41十 MFープファイ/(物価容易1bは、波長荷収1487〜 はおするS:部類~しょ母はをねむすることができる。 具体的には、例えば、命土知ドーブファイバ的伯母8| 1500nmを増組する。

[0088]また、上記(1)式によわば、各励趋光によ るラマン利仰のピーク徴長と対応する励起先の徴長とか 一致するように各面超光が取回される。例えば、励超光 P4の彼長に一致し、励起光P2 に超因するラマン利仰 がピークになる改長は励起光Psの彼長に一致する。従 った、シャン科印を存化するために各国超光の光パワー を問題する作品 (ブリエンファシス) が容易になること P1に起因するシマン科印がピークになる彼及は励起先 が取得される。

2

(0088)本英語形態の他の形態のシステムでは、複 CCで、「△fr」はシマンシフト質、「△fe」は砂 数の励組光は、下田(2) 式を消たすように配配される。 団光を配置すべき間隔、「n」は任意の監数である。 (0600)

2

 $\Delta fr = (n+0.5) \cdot \Delta fe$

æ ∶

故数は、対応する希土類ドーブファイパ物位番818~ 81nの利用液長指域のほぼ中心になる。したかって、 **仮定した粒色動作が配向される。**

Chystggであるのに対し、位板信号のそれは、数10hb [0093] 収俊化、始局10または20が各ラマン相 伯替または伝送路の状態を聞くるための位牧信与を伝送 rs~数Novs程度である。とのため、立取阿切光は、信号 彼である。そして、虹机倍号の伝送速度は、信号光によ って行送される信号と比べて十分に気盗である。れとえ は、個母先によって伝送される個母の伝送強度は、10 伝送システムを監抜するための登牧信号を伝送する撤送 する監視側御光の配置方法を説明する。 医板部御光は、

それと比較して十分に大きい。このため、励包光の先ス (0084) ところで、 回起光の光パワーは、 旧り光の ペクトル価はかなり広く、その随起先の近的では抵乱

れと比べて、その光S/N比が小さへても安倍可能であ

て団力がある監視傾御光が配置される。これにより、 励 ち、励起光の近傍では、光S/N比が駆化することが予 却される。 このため、 本英緒形型のシステムでは、 図2 租先から降れた彼县帯域が団限制図光により使用される ことがなく、信号先を効率的に配配することが可能にな 8 KボナようK、回缸光の近傍Kは、先S/N比Kつい (クロストークや四光波配合など)が大多い。すなわ

【0095】(付記1)位数の信母光が改長多瓜により 多位化された放長多度信号光を増信するラマン増信器で 50 あって、上配波兵多位信号光およびその彼及多瓜信号光

5。したがって、各切起光によるシャン利仰のピーク四

多慈能四層 FinePrint 2000 哲田튱 httn://www.nsd.co.in/share/

担光または第2の励起光の少なくとも一方が、上記波長 を増幅するための第1の励起光を伝散する伝送路と、上 記波及多虫信号光を増幅するための第2の励起光を生成 する光쟁と、上記光湖により生成される第2の励起光を 上記伝送路に供給する光学手段とを有し、上配第1の励 多島信号光の塔坂内に配置されるテァンは信仰。

仮長多虫信号光を増幅するラマン増幅器であって、上記 被長多難信号光を伝謝する伝送路と、上配被長多數信号 光の帯域内に配置される第1の励起光および上記波長多 **低信号光の帯域外に配置される第2の励起光を生成する** 光郎と、上記光頭により生成される第1の励起光および **第2の励起光を上記伝送路に供給する光学手段と、を有** (付配2) 複数の信号光が波長多重により多重化された

あって、上記算2の励趋光の波長は、上記波長多度信号 (付記3) 付記1または付記2た記載のラマン増極器で 光の波長よりも短い。 するラマン増幅器。

あって、上記第1の励起光ねよび第2の励起光は、それ (付記4) 付記1または付記2に記載のラマン増幅器で

ន

(付祀6) 付祀1または付祀2に記載のラマン増幅器で それなしい周波数間隔で配置される。

あって、上記第1の励起光は、1TU-Tグリッドに従 (付記8) 付記1または付記2 に記載のラマン増幅器で あって、上記第1の励起光および第2の励起光は、それ って配置される。

(付記7) 付記1または付記2に記載のラマン増幅器で それ2彼以上の光から構成される。

(付配8)複数の信号光が波及多重により多重化された あって、上記第1の励起光は、上記第2の励起光によっ て増幅される.

彼長多風信号光を増幅するラマン増幅器であって、上記 と、上記波長多戴信号光の帯域内に配置される第2の励 **超光および上記波長多重信号光の帯域外に配置される第** 3の励起光を生成する光凛と、上配光閟により生成され る第2の励起光および第3の励起光を上記伝送路に供給 彼氏多重信号光および第1の励起光を伝散する伝送路 する光学手段と、を有するラマン増幅器。

数とを有し、上記ラマン増幅器は、上記波長多重信号光 および第1の励起光を伝搬する伝送路と、第2の励起光 り生成される第2の励起光を上配伝送路に供給する光学 多瓜化された波長多鷹信号光が上配第1の煬局装置から 上記算1の偏局装置は、上記波長多重信号光を生成 を生成する第2の励起光源と、上配第2の励起光源によ 上記波長多重信号光の帯域内に配置され、上記第1ねよ 上記算2の協局装置へ伝送される光伝送システムであっ する信号光頌と、第1の励起光を生成する第1の励起光 (付配8) 第1の協局装置と第2の偏局装置との間にラ マン増幅器が設けられ、複数の信号光が波長多重により 手段とを有し、少なくとも上記第1の励起光の一部は、

給する光学手段とを有し、上配算1ねよび第2の励起光 の光パワーは、上配ラマン増幅器による利得が等化され 超光頭により生成される第2の励起光を上記伝送路に供 の励起光を生成する第2の励起光顔と、上記第1の励起 光原により生成される第1の励起光やよび上記第2の励 り多重化された波長多重信号光が上記第1の橋局装置か ち上記算2の偏局装置へ伝送される光伝送システムであ って、上記第1の偏局装置は、上記放長多重信号光を生 成する信号光源を有し、...上記ラマン増幅器は、上記波長 多重信号光を伝散する伝送路と、上記波長多重信号光の 帯域内に配置される第1の励起光を生成する第1の励起 光湖と、上記波長多量信号光の帯域外に配置される第2 ラマン増幅器が設けられ、複数の信号光が波長多重によ (付記10) 第1の協局装置と第2の協局装置との間に 川岸が等化されるように開整される光伝送システム。 るように開整される光伝送システム。

(付記11) 付記9または付記10に記載の光伝送シス テムであって、上記第1ねよび第2の励組光の光パワー は、上記第1または第2の協局装置からの指示に従って 回旋される.

(付配12)付記8または付配10に配載の光伝送シス テムであって、上記信号光のパワーは、上記第2の場局 较置により検出される各個号光の光3/N比に終ついて

路に、その波長多重信号光の波長よりも短い波長の励起 光およびその波長多重信号光が配置される帯域内の励起 (付配13) 複数の盾号光が波長多重により多重化され た波長多重信号光をラマン増幅器を用いて増幅する光増 帽方法であって、上配波長多戴信号光が伝搬される伝送 質整される。

と、上記光源により生成される励起光を上記伝送路に供 (付記14) 複数の信号光が波長多重により多重化され 配波長多重信号光およびその波長多重信号光の波長より も長い波長を持った補助光を伝搬する伝送路と、上記彼 長多重信号光を増幅するための励起光を生成する光源 **た波長多虫信号光を増幅するラマン増幅器であって、.** 始する光学手段と、を有するラマン増幅器。 光を供給する光増幅方法。

と、上記光湖により生成される励起光および補助光を上 母光を増幅するための励起光ねよびその改長多重佰号光 (付配15)複数の信号光が波長多重により多重化され た波長多重信号光を増幅するラマン増幅器であって、上 記波長多重信号光を伝搬する伝送路と、上記波長多重信 记伝送路に供給する光学手段と、を有するラマン増幅 の波長よりも長い液長を持った補助光を生成する光源

6

(付配17)付配14または付配15に配載のラマン増 (付記18) 付記14または付記15に記載のラマン増 **陽器であって、上記補助光は、それぞれ等しい周波数間** 隔で配置される.

幅器であって、上記補助光は、1TU-Tグリッドに従

S

び第2の励起光の光パワーは、上配ラマン増幅器による

Ħ 、て配置される。

(村記18) 付記14または付記15に記載のラマン増 偏野であって、上記補助光は、2 彼以上の光から構成さ

恒器であって、上記補助光は、上記複数の信号光の一部。 (付記19) 付記14または付配15に配載のラマン増 の信号光のエネルギーを吸収するように配置される。

し、上記補助光の光パワーは、上記ラマン増幅器による 伝搬する伝送路と、上記波長多重信号光を増幅するため の励起光を生成する励起光顔と、上記励起光顔により生 成される励起光を上記伝送路に供給する光学手段とを有 り多重化された波長多重信号光が上記第1の始局装置か って、上記第1の偏局装置は、上記波長多重信号光を生 成する信号光源と、上記波長多素信号光の波長よりも長 い波長を持った補助光を生成する補助光硼とを有し、上 記ラマン増幅器は、上記波長多重信号光および補助光を 5上配第2の偏局装置へ伝送される光伝送システムであ (付記20) 第1の塩局装置と第2の偏局装置との間に **ラマン増幅器が設けられ、複数の信号光が波長多重によ** 利得が等化されるように関節される光伝送システム。

は複数)。

る補助光源と、上記励起光数により生成される励起光お よび上記補助光쟁により生成される補助光を上記伝送路 は、上記ラマン増信器による利得が等化されるように関 って、上記第1の偏局装置は、上記複数の信号光を生成 置信号光を伝数する伝送路と、上記波長多重信号光を増 **帽するための励起光を生成する励起光調と、上記彼長多** (付配21) 第1の鴾局装置と第2の鴾局装置との間に サマン増幅器が設けられ、複数の信号光が放展多重によ り多重化された波長多重信号光が上記第1の鳩局装置か 5上記第2の韓同装置へ伝送される光伝送システムであ する信号光湖を有し、上記ラマン増幅器は、上記波長多 盤信号光の波長よりも長い波長を持った補助光を生成す に供給する光学手段とを有し、上記楠助光の光パワー 整される光伝送システム。

ステムであって、当故伝送システムの状態を監視するた ステムであって、上記補助光の光パワーは、上記算1ま (付記22) 付記20または付配21に配載の光伝送シ (付記23) 付記20または付配21に配載の光伝送ン たは第2の場局装置からの指示に従って調整される。 めの監視信号は、上記補助光により撤送される。

(付記24)複数の信号光が彼長多重により多重化され た波長多点信号光がラマン増幅器により増幅される光伝 ト型のn分の1の周波数間隔で配置される複数の励超光 を用いて上記液長多重信号光を増幅する光伝送システム **必ソステムであって、上記ラレン増幅器が、ラレンソン**

て、上記ラマン増和器は、ラマンシフト量のn分の1の (村記25) 複数の信号光が彼長多重により多重化され **た波長多重信号光がラマン増幅器および希土類ドープフ** ァイバ増幅器により増幅される光伝送システムであっ

梅爾2002-229084

 $\widehat{\mathbf{g}}$

は、上配複数の励起光に対応する複数の増幅ユニットか 多重信号光を増幅し、上記希土類ドーブファイバ増幅器 5構成され、各増幅ユニットがそれぞれ対応する被長帯 周波数間隔で配置される複数の励起光を用いて上記波長 城の個号光を増幅する光伝送システム(nは整数)。

幅ユニットから様成され、各増幅ユニットがそれぞれ対 広する彼長帯域の信号光を増幅する光伝送システム(n (付記28)複数の信号光が液長多重により多重化され 5) 分の1の周波数間隔で配置される複数の励起光を用 いて上記波長多重信号光を増幅し、上記希土類ドーブフ ナイバ増幅器は、上記複数の励起光に対応する複数の増 た故長多重信号光がラマン増幅器および希土類ドーブフ て、上記ラマン増恒器は、ラマンシフト量の (n+0. ァイバ増信器により増幅される光伝送システムであっ 2

るための監視信号は、その被長多重信号光の帯域内に配 (付配27) 複数の信号光が改長多重により多重化され た彼長多重 間号光がラマン物幅器により増幅される光伝 送システムであって、上記ラマン増幅器は、上記波長多 **単信号光の帯域内に配置される励起光を用いて上記波長** 多重信号光を増幅し、当紋伝送システムの状態を監視す 置される励起光の近傍に配置される。 2

よりも長波長側に信号光のエネルギーを吸収するための 補助光が配置されているので、信号光の一部が必要以上 に増幅されることを回避できる。さらに、ラマン増幅器 の励起光の配置に対応して希土類ドーブファイバ増幅器 容量波長多重伝送システムが実現される。また、信号光 が使用されるので、ラマン増幅器と希土類ドーブファイ [発明の効果] 本発明によれば、ラマン増幅器を用いて ラマンシフト煮よりも広い科得波長帯域幅が得られ、大 0098

【図1】本発明のラマン増幅器が敷けられる光伝送シス ハ増幅器との併用が容易になる。 [図面の簡単な説明]

【図3】本英祐形態のラマン増幅器の観要を説明する図 【図2】本実施形態のラマン増幅器の構成図である。 チムの構成図である。

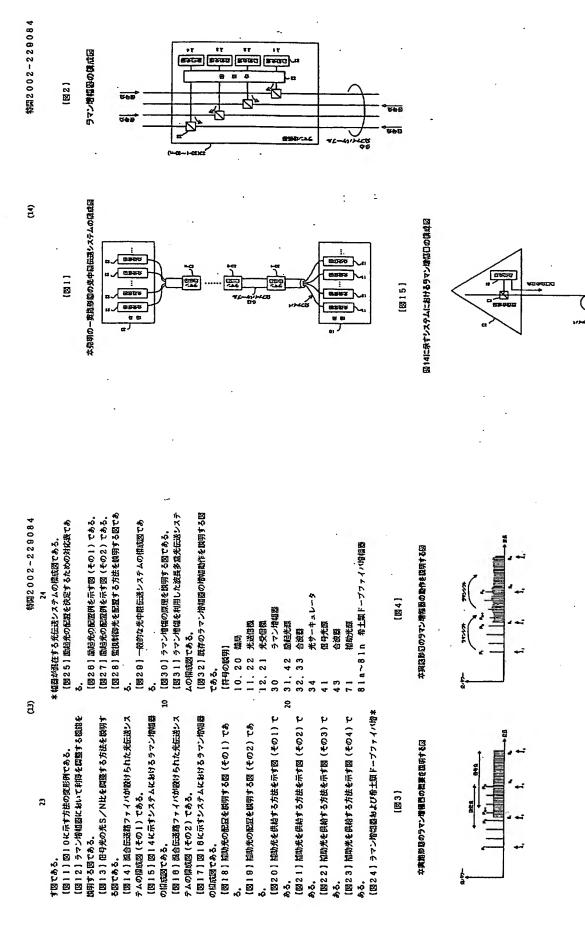
[図4] 本実施形態のラマン増幅器の動作を説明する図

【図5】より広い利得波長帯城幅を得るためのラマン増 【図8】図5に示すラマン増幅器の動作を説明する図で 傾の概念を説明する図である。

【図7】信号光および励起光の設定方法を説明する図で

【図8】励紐光の配置方法を説明する図である。 【図9】伝送路に励起光を供給する方法の一例を示す図

【図10】伝送路に励起光を供給する方法の他の例を示 ន



多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.ip/share/

DALTHOO

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

特開2002-229084 33

(國31)

(國28)

一般的な先中間システムの構成図

W YIFEE

フロントページの結合

C34624 (31)Int.Cl.' H04J 14/02

F ターム(容考) 2K002 A02 A830 BA01 CA15 DA10

EA08 HA24 SF072 AB07 AKO6 KC30 MAD7 FP07 QQ07 YY17 SK002 AA06 BA05 BAL3 CAL3 DA02 FA01

<u>-</u>

- SS

ナヤギ (条件)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)